3 2044 107 273 906

Harvard College Library

GIFT OF

WILLIAM CAMERON FORBES

(Class of 1892)

OF THE

PHILIPPINE COMMISSION

FROM A COLLECTION FORMED TO ILLUSTRATE
THE HISTORY AND CONSTRUCTION
OF CANALS

Received June 26, 1906

DEPOSITED
IN THE
BIOLOGICAL LABORATORY

Calvert B. Dana

Über
die geologische Bedeutung
der
tropischen Vegetationsformationen
in
Mittelamerica und Südmexico.

Habilitationsschrift
durch welche
mit Zustimmung der hohen philosophischen Facultät
der Universität Leipzig
zu seiner
Donnerstag, den 8. November 1900, Mittags 11 Uhr
im Hörsaal No. 18 des Johanneums
zu haltenden Probevorlesung:

Ethnographie von Mittelamerica

ergebenst einladet

Carl Sapper.

Leipzig
Druck von Alexander Edelmann
1900.

HARVARD UNIVERSITY LIBRARY

Harvard College Library
Gift of
Wm. Cameron Forbes
June 26, 1906

DEPOSITED IN BIOLOGICAL LABORATORY

HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY

Dass die Pflanzendecke der Erde einen sehr vielfältigen und bedeutsamen Einfluss auf die geologischen Vorgänge in den obersten Teilen der Erdkruste und damit zugleich auch auf die äussere Ausgestaltung der Oberflächenformen ausübe, ist seit langer Zeit wohlbekannt. Man ist im Allgemeinen sehr gut unterrichtet über die wichtige Rolle, welche die Pflanzen teils passiv durch Herabminderung der abtragenden Tätigkeit des Wassers und Windes, teils aktiv durch ihre Teilnahme an der mechanischen Lockerung und chemischen Zersetzung der obersten Gesteinlagen, an der Bildung des Bodens und gewisser Absätze und Ablagerungen zu spielen vermögen, aber zumeist haben sich die Untersuchungen über die geologische Bedeutung der Pflanzendecke auf die Verhältnisse der gemässigten und subtropischen Gebiete wie der tropischen Küstenstrecken beschränkt, während eingehendere Arbeiten über die betreffenden Verhältnisse des tropischen Binnenlandes meines Wissens zur Zeit noch fehlen. Und doch locken gerade die Verhältnisse der Tropen besonders zu eingehenden Untersuchungen an, da hier bei der gleichmässig hohen Temperatur unter dem Einfluss beträchtlicher Regenmengen und hoher Luftfeuchtigkeit die Vegetation in ausserordentlicher Üppigkeit zu gedeihen pflegt und jahraus jahrein in ununterbrochenem Wachstum ausdauert, sofern die Niederschläge das ganze Jahr hindurch anhalten, während oft unmittelbar neben den urwaldbedeckten regenfeuchten Gebieten sich Landstrecken befinden, welche wegen des Auftretens langausgedehnter Trockenzeiten eine verhältnismässig armselige Vegetation zeigen und so den Gegensatz besonders vor Augen führen. Trotzdem ist es bei dem ausserordentlich verwickelten Zusammenwirken der verschiedenen geologischen Faktoren auch hier sehr schwer, den Anteil der

einzelnen grossen Pflanzenvergesellschaftungen (Vegetationsformationen) oder gar noch der einzelnen Vegetationsformen an der langsamen Umgestaltung der Erdoberfläche zu isolieren, um so mehr, als die Art der Vegetationsformen und ihrer Verbindung zu Formationen bis zu einem gewissen Grade als eine Funktion des Klimas (und Bodens) betrachtet werden muss und die pflanzengeographischen Zonen demnach mit den Gebieten bestimmter klimatischer Verhältnisse zusammenfallen.

Während eines fast 12jährigen Aufenthaltes in den Tropen Mittelamerikas und Südmexicos habe ich der Frage nach der geologischen Bedeutung der tropischen Pflanzenwelt meine Aufmerksamkeit gewidmet, habe aber leider nicht hinreichendes Beobachtungsmaterial sammeln können, um die Frage voll zu beantworten, wohl aber habe ich gelegentlich kleine Beobachtungen machen können, welche geeignet sind, wenigstens einiges Licht auf diese Frage zu werfen, und daher vielleicht einige Beachtung verdienen.

Obgleich meine Beobachtungen sich ganz auf die Tropen Mittelamerikas und Südmexicos beschränken, so glaube ich doch, dass man ihre Ergebnisse zumeist für die physiognomisch gleichartigen Vegetationsformationen der übrigen tropischen Gebiete verallgemeinern darf; da aber doch in gewissen Gegenden die Sondereinflüsse bestimmter eigenartiger Vegetationsformen sich so weit summieren mögen, dass Modificationen des Gesammtresultats eintreten können, so will ich von einer allgemeineren Behandlung des Themas absehen, und mich überall auf die mittelamerikanischen und südmexikanischen Verhältnisse beschränken.

Man kann hier — abgesehen von den wohlbekannten Litoralwäldern, die schon vielfach studiert worden sind, und von den wenig ausgedehnten Hochgebirgsregionen, welche in das Gebiet des Schneefalls und der Frostwirkungen hineinragen, und deshalb mit den betreffenden Gebieten der gemässigten Zonen in Bezug auf die Umwandlungs- und Umformungsvorgänge der äussersten Erdschichten auf gleicher Stufe stehen — drei Typen von Vegetationsformen unterscheiden, welche gegen einander allerdings nicht immer scharf abgegrenzt, sondern

häufig durch sanfte Übergänge mit einander verbunden sind:

1) Das Gebiet der Savanen und Dorngesträuchformationen,
2) Das Gebiet der Eichen- und Kiefern-Wälder und
3) das Gebiet des regenfeuchten Tropen-Waldes.

Wüsten kommen in Mittelamerica und im südlichen Mexico nicht vor.

1) Das Gebiet der Savanen und Dorngesträuchformationen.

Wo die Trockenzeit einen Zeitraum von 4 bis 6 Monaten einnimmt, pflegt die Vegetation in Mittelamerica und Südmexico eine sehr dürftige zu sein; meist beschränkt sie sich dann auf armselige Grasfluren (Savanen) und Dorngesträuchformationen, in denen nur an begünstigten Stellen kräftige Laubbäume ihren Platz finden. In solchen Gebieten, deren mittlere jährliche Regenmenge nach den wenigen vorhandenen Regenmessungen auf weniger als 1 m (meist 50 bis 80 cm) angegeben werden kann, kommt zwar während der Regenzeit ein fröhliches Wachsen, Blühen und Gedeihen zur Geltung, so dass alles im schönsten Grün prangt. Ganz anders aber gestalten sich die Verhältnisse, wenn die Trockenzeit eingesetzt hat und das geringe Maass von Feuchtigkeit, das im Boden auszudauern vermochte, allmählig aufgezehrt worden ist; dann verdorren die Grasbüschel der Savanen, die Blätter der meisten Dornsträucher und Bäume fallen ab und nur wenige Gewächse, die zudem meist auf die Nähe ausdauernder Wasseransammlungen oder Wasserläufe beschränkt sind, behalten auch jetzt noch ihr Laubkleid und schützen dadurch sich selbst und ihren Untergrund vor allzu starker Austrocknung. Die immergrünen Holzgewächse nehmen aber gewöhnlich einen so kleinen Raum im Gebiet dieser Formationen ein, dass sie keinen nennenswerten Einfluss auf das Aussehen und die Eigenschaften jener Gelände auszuüben vermögen; vielmehr machen dieselben in ihrer kahlen Dürre einen sehr armseligen Eindruck und zeigen bei häufigem Auftreten von Cereus-, Opuntia- und Mamillarien-Formen einen halbwüstenähnlichen Charakter.

Abgesehen von diesen auf die wärmeren Gebiete be-

schränkten Vegetationsformationen kommen Grasfluren auch auf den Gipfeln der mittelamericanischen Vulkane (und an den Gehängen der mexicanischen Vulkane zwischen der Schnee- und Baumgrenze) innerhalb des Gebiets möglichen Schneefalls vor und verhalten sich hier, wie schon erwähnt, ganz ähnlich wie die entsprechenden Gebiete der gemässigten Zone.

Ausserdem findet man Grasfluren aber auch in Mittelamerica als Pflanzendecke junger vulkanischer Lapillikegel, da die ausserordentliche Wasserdurchlässigkeit der genannten Aufschüttungen eine Baumvegetation nicht erlaubt. Hier wirkt nun die Pflanzendecke als Schutz für die Unterlage gegen die Tätigkeit des Windes, der in manchen Gegenden, wie in Nicaragua, die Gestalt der Vulkankegelchen wesentlich beeinflusst[1]). Freilich ist dieser Schutz kein vollständiger, da bei der dünnen Bewurzelung der Grasnarbe immerhin der Wind noch vielfach Gelegenheit findet, Lapilli loszulösen und vor sich herzutreiben, was bei dem starken Vorherrschen des Nordostpassats gewöhnlich in der Richtung nach Südwesten geschieht. Andererseits bietet die Grasvegetation dieser Lapillikegel aber auch einen gewissen Schutz für Staub und vulkanische Aschen, welche hier angeweht werden, und begünstigt so das allmählige Hineinschwemmen dieser lockeren Materialien in die Lapilli des Untergrundes, womit dann auch die Grundlage für eine holzige Vegetation und damit zugleich ein wirksamerer Schutz für die Unterlage und die angewehten äolischen Materialien entsteht. Zugleich wird freilich nach Dr. W. Reiss durch Vollsetzen der Lapilli mit Staub und Sand allmählig die Porosität dieser Absätze so weit gemindert, dass eine energische Erosion stattfinden kann und in der Tat konnte ich an älteren waldbedeckten Lapillikegeln Mittelamericas ganz beträchtliche erosive Wirkungen feststellen, was zwar ebenso sehr auf die Länge der Zeit, als auf Rechnung der herabgesetzten Porosität des Untergrundes gesetzt werden darf, denn auch an den jungen Lapillikegeln fehlen Erosionserscheinungen nicht ganz, weil

---

1) Der Vulkan Las Pilas in Nicaragua, Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 51. Bd., 1899, S. 578—88.

auch dieser poröse Untergrund nicht im Stande ist, die ganze Masse der in Platzregen niedergehenden Wassermengen so vollständig aufzunehmen, dass nicht auch ein oberflächlicher Abfluss, namentlich in den natürlichen Einbuchtungen des abschüssigen Geländes, namhafte Ausdehnung erreichte.

Während sich Grasfluren im Hochgebirge in Folge klimatischer Einflüsse, an den Gehängen der Lapillivulkane in Folge der physikalischen Eigenschaften des Untergrunds zu bilden pflegen, sind sie sonst — ebenfalls wegen der physikalischen Eigenschaften des Untergrunds — in Mittelamerica wie in Mexico gewöhnlich auf die Talniederungen oder die hochgelegenen Depressionen zwischen den Hauptgebirgen beschränkt, indess die holzigen Formationen der trockenen Gebiete sich hauptsächlich auf den geneigten Geländeflächen entwickelt haben.

Während der Trockenzeit ist in Gebieten mit streng periodischen Regenfällen das Pflanzenleben in mehr oder weniger vollständigem Schlaf begriffen, weshalb von einer chemischen oder mechanischen Tätigkeit der Wurzeln kaum die Rede sein kann, und ebenso ist um diese Zeit die schützende Tätigkeit, welche die Pflanzenwelt sonst auf ihre Unterlage auszuüben vermag, auf ein Minimum herabgesetzt. In Bezug auf die abtragende Tätigkeit des Wassers ist diese Wehrlosigkeit der Pflanzenwelt ohne Bedeutung, denn da die Regenfälle während der Trockenzeit ganz fehlen oder sich auf leichte Sprühregen beschränken, die von dem trockenen Erdreich gierig aufgesogen werden, so fehlt eine Abspülungswirkung vollständig und die Erosion durch die wenigen ausdauernden Wasserläufe ist bei dem niedrigen Wasserstand äusserst geringfügig.

Anders aber verhält es sich in Bezug auf die Tätigkeit des Windes. Sobald die Gesträuchformationen durch Abfallen der Blätter, die Savanen durch Verdorren der Grasbüschel ihre Schützerrolle ausgespielt haben, trocknet das Erdreich mehr und mehr aus, kleine Risse bilden sich und befördern so das Austrocknen der tieferen Bodenschichten, an der Oberfläche aber trennen sich durch Sprungbildungen kleine Bodenkrumen und feine Thonpartikelchen vom Boden ab und werden zum

Spiel der Winde, welche sie hin- und herwehen und häufig erst in den benachbarten Talniederungen zum Absatz bringen, wo die Gräser als Staubfänger wirken, während die blattlosen Dorngestrüppe der Gehänge keinen wirksamen Schutz zu bieten vermögen, da sie bei ihrer dichten Zusammendrängung zwar durch Reibungswiderstand die Windstärke herabzumindern, aber nicht zu brechen vermögen. Freilich vermögen auch die dürren Grasbüschel der Savanen keinen völligen Schutz zu gewähren, da sie mehr oder weniger ausgedehnte Flächen vegetationslosen Bodens zwischen sich einschliessen und dadurch eine teilweise weitere Verfrachtung des angewehten Materials ermöglichen. In der Tat wirbeln die Winde in den Ebenen mancher mittelamericanischen Gebiete (besonders in Nicaragua) sowie des Hochlandes von Anahuac oft ganz beträchtliche Mengen von Staub und gröberen Bodenpartikelchen, zuweilen selbst kleiner Steinchen auf, wie der Reisende manchmal in recht unliebsamer Weise zu bemerken Gelegenheit hat. Am leichtesten verfällt der äolischen Weiterverfrachtung vulkanische Asche, soweit sie nicht durch die Vegetation gebannt ist, während die Winde von schweren Thonböden viel geringere Ausbeute mitnehmen können. An steilen Gehängen ermöglicht das Austrocknen der obersten Bodenschichten auch die Lockerung und das spätere Abstürzen der im Thonboden eingebackenen Gesteinsstücke, insofern der Wind, welcher in den Gebirgsgegenden Mittelamericas und Mexicos als Passat oder local in Folge von Temperaturgegensätzen oft ganz beträchtliche Stärke erreicht, kleine Gesteinsstücke teils entführt, teils abwärts rollt, grössere aber durch Lockerung zur späteren Verfrachtung durch die Gewässer der folgenden Regenzeit vorbereitet.

Bei der grossen Häufigkeit lockerer vulkanischer Aschen und Sande, welche durch die Tätigkeit des Windes und der Gewässer sich hauptsächlich in Talniederungen oder auf Gebirgsterassen angereichert haben, sind viele der grasbewachsenen Ebenen von lössartiger Beschaffenheit, soweit nicht Kiesschotter, welche durch gelegentliche Überschwemmungen hereingebracht worden sind, oder lacustre Ablagerungen den Charakter der Bildungen getrübt haben. Diese lössähnlichen Gebiete sind

wegen ihres hohen Gehalts an nährstoffreichen Substanzen von grosser latenter Fruchtbarkeit, die aber meist erst durch künstliche Bewässerung nutzbar gemacht werden kann, da sonst wegen der grossen Porosität der Ablagerungen Baumwuchs ausgeschlossen ist oder nur dürftig gedeiht, und in der Trockenzeit nur die genügsamsten Pflanzen auszudauern vermögen. Die Ebenen sind wol in Folge localer Nachsackungen, vielleicht auch wegen haufenförmiger Zusammendrängung äolischen Materials meist ganz flach-wellenförmig gebildet.

Ganz verschieden aber gestalten sich die Verhältnisse in den Talniederungen jener Gegenden, welche aus jungeruptiven Gesteinen bestehen, aber keine wesentlichen Ablagerungen vulkanischer Sande erhalten haben, wo also nur Partikelchen des Thonbodens benachbarter Berge von Wind und Wasser nach der Talniederung herunter geschafft worden sind. Hier bilden sich schwere, wasserundurchlässige Thonlager, welche in der Regenzeit zu schwer passierbaren Sümpfen werden, in der Trockenzeit aber austrocknen und zahlreiche breite und tiefe, klaffende Risse zeigen. Die eigenartigen Standortsverhältnisse auf diesen Flächen, wo ausserordentliche Nässe mit starker Trockenheit für lange Perioden des Jahres abwechseln, haben natürlich auch eine eigenartige Vegetation hervorgerufen, welche sich durch Dornsträucher, kleine Streifen von Grasfluren und das häufige Auftreten von Jicaro-Bäumen (Crescentia sp.) auszeichnen, weshalb man in Mittelamerica diese eigentümlichen Gelände als Jicarales zu bezeichnen pflegt, (besonders häufig in Salvador, Honduras, Nicaragua uud der pacifischen Seite von Costarica).

Die Trockenzeit, welche die Pflanzenwelt wehrlos macht gegen die abtragenden Wirkungen des Windes, hindert sie aber auch an der Beschattung des etwa blosliegenden Fels-Untergrundes; sie gibt denselben so der direkten Insolation preis und trägt dadurch (in Folge der ungleichförmigen Ausdehnung der oberflächlichen Felsteile durch die verhältnissmässig bedeutende tägliche Wärmeschwankung) zu der mechanischen Zertrümmerung derselben bei. Die Dorngesträuchformationen wirken demnach während der Trockenzeit geologisch in glei-

chem Sinne, aber allerdings in stark abgeschwächtem Masse, wie die Wüstenformationen, während die Grasfluren, soweit sie auf die tiefgründigen Böden der Ebenen beschränkt sind, nicht einmal passiv etwas zur mechanischen Zerstörung ihres Untergrundes beitragen können.

Wenn die heftigen Platzregen der Regenzeit einsetzen, so finden sie zunächst noch das ganze Gebiet der Strauchsteppen wehrlos gegen die Abspülung und da die austrocknende Wirkung der vorausgegangenen Trockenzeit viel oberflächliches Material gelockert und so für die Verfrachtung vorbereitet hat, so ist die abspülende Wirkung der ersten Gewitterregen eine ganz bedeutende. Mit zauberhafter Schnelligkeit bedecken sich aber dann die Büsche und Bäume mit Laub und ergeben dann trotz der meist sehr kleinen Form ihrer Blätter rasch einen ziemlich ergiebigen Schutz gegen Abspülung. Zu gleicher Zeit tritt aber, wie man aus der Energie der übrigen Lebensäusserungen schliessen darf, eine erhöhte Tätigkeit der Wurzeln ein, welche zur mechanischen und chemischen Verwitterung des Untergrundes vielfach beitragen mag. Die erodierende Tätigkeit der fliessenden Gewässer bleibt während der ganzen Regenzeit eine bedeutende, dagegen ist nun die Wirkung des Windes, der in der Regenzeit überhaupt meist geringere Stärkegrade erreicht, als in der Trockenzeit, auf ein Minimum beschränkt, da nunmehr sowohl die Belaubung der Holzgewächse einen brauchbaren Schutz gewährt, als auch die Feuchtigkeit den Boden in ergiebiger Weise bindet. In den Grasfluren der Ebenen kann der Wind während der Regenzeit keinen merklichen geologischen Einfluss ausüben, während das spülende Wasser, von den benachbarten Höhen kommend, mehrend wirkt, ohne dass es übrigens zur Bildung grösserer Schutthelden kommen würde; die erodierende Tätigkeit der durchfliessenden Wasserläufe schafft nun aber andererseits ansehnliche Mengen lockeren Materials fort.

Wie man sieht, ist in den Savanen und Dorngesträuchformationen Mittelamericas und Mexicos während der Trockenzeit die verfrachtende Arbeit des Windes, sowie die direkte Insolation von geologischer

Wichtigkeit, zu Beginn der Regenzeit die abspülende, während der ganzen Regenzeit die erodierende Tätigkeit des Wassers nebst der mechanischen und chemischen Arbeit der Wurzeln.

Ähnlich, aber in abgeschwächtem Masse, sind die geologischen Faktoren in den durch etwas höheren Regenfall ausgezeichneten Gebieten tätig, welche im südlichen Nicaragua in der Nachbarschaft der grossen Seeen ausgedehnte, ziemlich engbewurzelte Fluren hochragender Gräser und Gebüsche aufweisen, oder, wie in vielen Gegenden des südlichen Mexico, engbestockte Bestände regengrüner Laubbäume von geringer Höhe (Chaparrales) oder auch, wie in der Nähe der Fonseca-Bai, hochstämmige, ebenfalls dem Laubfall unterworfene Wälder (Trockenwälder) mit Unterholz von Bromeliaceen und periodisch grünen Büschen.

Die Oberflächenformen im Gebiet der Savanen und Dorngesträuschformationen weichen im Allgemeinen von denen unserer gemässigten Zonen im Bereich ausgiebiger Pflanzenbedeckung nicht wesentlich ab, obgleich sich die geologischen Vorgänge etwas verschieden abspielen. Man könnte höchstens die grössere Steilheit und Gleichförmigkeit der geneigten, von Strauchformationen bedeckten Flächen namhaft machen nebst dem Fehlen ausgedehnter Schuttbänder am Fusse derselben, da Abstürze in Folge der schützenden Pflanzendecke doch auf ein geringes Mass herabgedrückt sind. In die aus lössähnlichen Ablagerungen gebildeten Flächen, welchen sich die aus Lapillis gebildeten Hochflächen im südlichen Guatemala ähnlich verhalten, haben die fliessenden Gewässer zumeist tiefe Barrancas mit senkrechten Abstürzen herausgearbeitet, während in den Jicarales die Flüsse in flacheren Rinnen dahinzufliessen pflegen.

2. Das Gebiet der Kiefern- und Eichenwälder.

Während in Mexico und Mittelamerica das Gebiet der Savanen- und Strauchformationen hauptsächlich auf die pacifische Seite und die allerdings vielfach recht hoch gelegenen Einsenkungen zwischen den Hauptgebirgen beschränkt zu sein

pflegt[1]), hat das Gebiet der Kiefern- und Eichenwälder eine viel compliciertere Verbreitung. In den centralen Gebieten von Mittelamerica und Südmexico nimmt es die mit Niederschlägen reichlicher bedachten Höhenzüge bis über 3000 m Höhe ein, an den verhältnissmässig regenarmen Leeseiten einzelner Bergzüge steigt es oft tief hinunter (50 m überm Meer an der Sierra del Mico in Guatemala) und über einigen aus Sanden und Kiesschottern gebildeten Ebenen von Britisch Honduras und der Mosquitoküste finden wir lichte Kiefernhaine fast bis zum Meeresniveau herunter vor. Dagegen fehlen in Costarica, wo bereits das südamericanische Florengebiet beginnt, die Kiefern vollständig und es ist hier die Formation nur durch das Auftreten von Eichen andeutungsweise vertreten.

Allen diesen Gebieten ist eine mässige Niederschlagsmenge (meist zwischen 1 und 2 m) und mässige Luftfeuchtigkeit, sowie eine deutlich ausgesprochene Trokenzeit eigen. Allerdings gibt es an den regenreichen Luvseiten der Hauptgebirge und Vulkane zwischen c. 2800 und 4000 m Höhe ebenfalls Kiefern- und Eichenwälder, auf welche gleichfalls die Bedingung mässiger Niederschlagsmengen passt, da sie bereits hoch über der Maximalzone des Niederschlags stehen; dagegen trifft hier die Bedingung mässiger Luftfeuchtigkeit höchstens physiologisch während eines Teiles des Jahres für die betreffenden Pflanzen zu in Folge der verdünnten Luft; physikalisch genommen herrscht aber den grössten Teil des Jahres hindurch eine feuchte, vielfach durch Nebel getrübte Atmosphäre, welche auch die Ursache für die vielen Moospolster an den Stämmen und das dichte meist aus Vaccineen bestehende Unterholz ist; da diese hochgelegenen Bergwälder auch klimatisch nicht mehr zu den tropischen Vegetationsformationen gehören und bereits in das Gebiet der Frostwirkung hineinreichen, so mögen sie hier ganz vernachlässigt werden.

Ebenso kann ich mit wenigen Worten über die durch

---

[1]) Auf der atlantischen Seite kommen Savanen nur auf einigen tiefgelegenen Ebenen der mexicanischen Golfstaaten, sowie des Petén, Dorngesträuchformationen nur in dem niedrigen Hügelland des nördlichen Yucatan vor.

locale Lufttrockenheit und mässige Niederschläge ausgezeichneten unterholzleeren oder -armen Kiefernhaine (Pineridges) von Britisch Honduras und der Mosquito-Küste von Spanisch Honduras und Nicaragua hinweggehen, da dieselben auf ebenen Flächen liegen und deshalb der Mehrzahl der geologischen Agentien beinahe entzogen sind und nur durch Erosion und Windtransport einige Veränderung erfahren.

Viel bedeutsamer sind die auf Berghängen befindlichen Kiefern- und Eichenwälder, da sie einmal einen sehr bedeutenden Flächeninhalt beanspruchen, andererseits aber bei ihrer Lage auf geneigten Flächen ins Gebiet energischer geologischer Umbildung und Umformung gehören. Das Unterholz ist hier gewöhnlich schwach entwickelt und vielfach fehlt es ganz, so dass in diesem Gebiet oft weithin, namentiich unter Kiefern, nur eine wohlbewurzelte Grasnarbe ziemlich hochwachsender Gräser zu beobachten ist. Da nun ausserdem die Kiefern und Eichen bald ziemlich enggedrängt in reinen oder gemischten Beständen auftreten, bald wieder die einzelnen Individuen einen weiten Abstand von einander einhalten oder auch zu einzelnen Gruppen sich zusammenschliessen und mehr oder weniger ausgedehnte Flächen reiner Grasfluren zwischen den einzelnen Gruppen übrig lassen, so ist die geologische Einwirkung dieser Kiefern- und Eichenwälder keineswegs eine einheitliche, schon darum nicht, weil die Kiefern mit ihren Nadelbüscheln den benachbarten Untergrund weniger kräftig gegen die direkte Insolation und die Tätigkeit des Windes beschützen, als die mit breiten, immergrünen, engzusammengedrängten Blättern belaubten Eichen; jedoch wird dieser Unterschied wieder stark abgeschwächt dadurch, dass unter dem spärlichen Schatten der Kiefern das Gras meist üppig hervorspriesst, in den reinen Kiefernbeständen die Grasflur also keine Unterbrechung erleidet, während unter dem ergiebigeren Schatten der Eichen Graswuchs und Unterholz zurücktritt und oft fast ganz unterdrückt ist. Bezüglich des Schutzes gegen die Abspülung durch das Wasser sind die Kiefernbestände den Eichenbeständen sogar weit überlegen, da die Grasfluren den Betrag der Abspülung bedeutend herabsetzen, während von den Eichenblättern die

schweren Wassertropfen oft auf fast vegetationslose und demnach schutzlose Bodenflächen niederfallen und eine ansehnliche Wirkung auszuüben vermögen. Man erkennt das namentlich deutlich daran, dass man unter Eichen nicht selten kleine Steinchen auf Erdstielchen wie Miniatur-Erdpyramiden beobachten kann, während unter den Kiefern die niederfallenden Tropfen auf dem Gras zerstäuben oder sanft abfliessen und dadurch einen grossen Teil ihrer lebendigen Kraft verlieren.

[Wenn demnach im Allgemeinen die Umformung der Erdoberfläche im Kieferngebiet etwas langsamer vor sich geht, als im Gebiet reiner Eichenbestände, so können doch in Folge localer Einflüsse die Verhältnisse sich auch umkehren. So sind z. B. auf dem Serpentin-Gebirge, welches in Guatemala eine beträchtliche Verbreitung erreicht, die Kiefern so dünn gesät, die Grasflur so kümmerlich entwickelt, dass ein ansehnlicher Procentsatz des Geländes der direkten Insolation und dem vollen Anprall der Regentropfen ausgesetzt ist und auch gegen die Tätigkeit des Windes nur mässigen Schutz geniesst.] Der Absturz ist durch die Vegetation stark herabgesetzt, aber die Erosionswirkung während der Regenzeit bedeutend im ganzen Gebiet der Kiefern- und Eichenwälder, in der Trockenzeit aber sehr gering, da nun ein grosser Teil der kleineren Bäche vollständig versiegt und der Wasserstand der ausdauernden Wasserläufe ein sehr niedriger wird.

Dass die kräftige Baumvegetation der Kiefern und Eichen einen ansehnlichen chemischen und mechanischen Einfluss auf ihre felsige Unterlage ausübe, lässt sich vermuten, doch habe ich keine Beobachtungen gemacht, welche direkt darauf hinwiesen. Da die Insolation (abgesehen von den Serpentingebieten) beschränkt ist, so kann auch die mechanische Zertrümmerung des Gesteins durch ungleichförmige Ausdehnung der oberflächlichen Gesteinspartikeln keinen hohen Betrag erreichen, während die chemische Zersetzung nur bei verhältnissmässig stark entwickelter Vegetation auf leicht zersetzlichen Gesteinen bedeutende Erfolge erzielt. Auf dem Serpentingebirge, das im Gebiet des regenfeuchten Urwaldes viele Meter tief hinein zersetzt zu

sein pflegt, ist im Gebiet der Kiefernwälder[1]) meist nur eine ganz oberflächliche Anwitterung zu constatieren, weil das niederfallende Regenwasser durch die dürftige Vegetation nicht aufgehalten wird, sondern so rasch abläuft, dass eine tiefere Einwirkung nicht möglich ist. Unter solchen Umständen ist es verständlich, dass die Umbildung und Abtragung der obersten Erdschichten verhältnissmässig langsam erfolgt, um so mehr als eine Frostwirkung, die in den gemässigten und kalten Zonen der Erde so überaus wirksam auftritt, in den tieferen Regionen ganz ausgeschlossen ist, und in den höheren Regionen (etwa oberhalb 1800 m) nur während einer verhältnissmässig kurzen Spanne Zeit wirksam sein kann. Angesichts dieser Umstände scheint es mir wahrscheinlich, dass der Wechsel der Trocken- und Regenzeit auch hier, wie im Gebiet der Strauchformationen, als geologischer Faktor anzusehen ist, indem die Trockenzeit die oberflächlichen Bodenschichten auftrocknet, durch Ablösung kleinerer oberflächlicher Bodenkrumen zum Transport durch spülendes Wasser vorbereitet und so neue Teile des Anstehenden der direkten Einwirkung der verschiedenen geologischen Agentien zugänglich macht.

Die Frostwirkung in den höheren Gebirgsgegenden im Bereich der Kiefern- und Eichenwälder wird vielfach dadurch wieder zum Teil paralysiert, dass eben jene hochgelegenen Teile häufig wieder erhöhte und häufigere Niederschläge erhalten und sich in Folge dessen einer üppigeren Vegetation und damit auch eines energischeren Schutzes gegen Fortführung des Bodens erfreuen. Der Reisende, der nach langem Aufenthalt in tropischen Gebirgen zum ersten Male wieder die Alpen sieht, erstaunt über nichts so sehr, als über die durch Frostwirkung und mangelnden Pflanzenschutz entstandenen Steilwände und Gipfel- und Gratbildungen des Hochgebirges, da dergleichen Erscheinungen in tropischen Gebirgen gänzlich fehlen, soweit sie nicht geradezu ins Gebiet des ewigen Schnees hineinragen.

Man kann das Gebiet der Kiefern- und Eichenwälder von

---

1) Eichen kommen auf Serpentinboden nicht vor.

Mittel-America und Südmexico und allgemein das Gebiet mässiger Niederschläge und Luftfeuchtigkeit in tropischen Gebirgsgegenden auch als ein Gebiet mässiger Abtragung, mässiger Verwitterung und geringen Absturzes bezeichnen. Bezüglich der Bodenart besteht hier ein Ebenmass zwischen Zerstörung und Fortschaffung im Sinne der Einteilung von v. Richthofen, soweit wenigstens stark geneigte Flächen in Betracht kommen.

Bezüglich der Oberflächenformen beobachtet man an den mit Kiefern- und Eichenwäldern bestandenen Gebirgen ganz ähnliche Formen (die natürlich je nach der Gesteinsbeschaffenheit wieder verschieden entwickelt sind) wie in den gemässigten Zonen der Erde, nur sind die Böschungen meist viel gleichförmiger steil vom Fuss bis zum Kamm, und der Kamm der Gebirge zeigt meist nur sanft auf- und absteigende Linien und vermeidet überall die scharfen Grate der Gebirge höherer Breiten, da die Frostwirkung in den mässig hohen Gebirgen der Tropen zeitlich und graduell viel geringer ist, als dort, und zudem, wie schon oben bemerkt wurde, zum Teil durch die üppigere Vegetation der Gipfelregionen paralysiert wird.

Natürlich zeigen die Kiefern- und Eichenwälder bei stärkerer und regelmässigerer Befeuchtung auch immer üppigere Entwicklung; neue Vegetationselemente werden da und dort aufgenommen und so Übergänge zu den regenfeuchten Urwäldern hergestellt, die auch in ihrer geologischen Wirkung die Mitte halten. In manchen Teilen von Britisch Honduras treten z. B. mannshohe Gräser und Farnkräuter in dichter Zusammendrängung unter den Kiefern auf und reducieren die abspülende Tätigkeit des Wassers auf ein Minimum, während an anderen Stellen durch Aufnahme des Liquidambar und anderer Laubbäume, einzelner Palmen und dichten Unterholzes in den Eichenwald ein Übergangstypus entsteht. In vielen Fällen allerdings stossen die Kiefern- und Eichenwälder fast unvermittelt an die tropischen Urwälder an, da dieselben vermöge ihres eigenartigen Feuchtigkeitshaushalts sich wie gesonderte Individuen gegen die benachbarten Vegetationsformationen abzuschliessen vermögen.

3. Das Gebiet des regenfeuchten Tropenwaldes.

Während das Gebiet der Kiefern- und Eichenwälder wegen des geselligen Zusammenschlusses einiger weniger Baumarten, wie auch wegen der Art der daselbst zu beobachtenden Oberflächenformen entschieden an manche Gebiete der gemässigten Zonen anklingt, stellen die regenfeuchten Urwälder der Tropen so eigenartige Vegetationsformationen vor, dass ihnen in mittleren oder höheren Breiten nichts Ähnliches gegenübergestellt werden kann. Nicht nur der ausserordentliche Artenreichtum der Laubbäume, welche den Wald zusammensetzen, mutet den Beschauer, der aus der gemässigten Zone kommt, ganz eigenartig an, sondern namentlich auch die Art der untergeordneten Pflanzengruppen, wie Lianen, Klettergewächse und Epiphyten, welche vielfach in ausserordentlicher Menge und merkwürdiger Ausgestaltung das Innere des Waldes bewohnen und seinen Luftraum bevölkern; dazu kommt das oft ungemein üppige Unterholz, das den Boden bedeckt, und an vielen Stellen wieder von zahlreichen kleineren Bäumen, namentlich Palmen und — in kühleren Lagen — Farnbäumen, überragt wird. Die genannten kleineren Bäume bilden nun häufig unter dem hohen Blätterdach der Hauptbäume, die sich ihrerseits wieder vielfach durch ihre Höhenverhältnisse gegenseitig unterscheiden, ein zweites, allerdings meist unvollständiges Blätterdach, und da darunter wieder die Bodenvegetation sich ausbreitet, so entsteht ein etagenförmiger Aufbau, der für die Herabminderung der spülenden Wirkung der schweren tropischen Platzregen eine grosse Bedeutung erreicht. Da die tropischen Urwälder in Gebieten sehr starker und häufiger Niederschläge gedeihen, so ist die Wucht der niederfallenden Regenmassen oft ganz bedeutend und man hört einen tropischen Platzregen im Wald schon aus der Ferne an dem intensiven, oft wasserfallähnlichen Brausen, das durch das Aufschlagen der schweren Regentropfen auf das äussere Blätterdach der Urwälder entsteht. In der Tat ist die lebendige Kraft und damit auch die spülende Wirkung dieser Regenfälle auf unbeschütztem Erdreich sehr beträchtlich, wie man leicht an solchen Stellen sehen kann, welche durch

Culturen, Wegbauten, Windbruch oder andere Vorfälle ihrer schützenden Pflanzendecke beraubt worden sind. Als ich in Campur in der regenreichen Alta Verapaz Kaffee gepflanzt hatte und die jungen Pflanzungen auf dem früher vom Urwald bedeckt gewesenen, steil geneigten Gehänge durch die erste Reinigung mit der Hacke zum ersten Mal den Schutz der Bodenvegetation verloren hatten, wurden so bedeutende Mengen des oberflächlichen Erdreichs abgeschwemmt, dass besondere Vorkehrungen getroffen werden mussten, um diesen Übelstand einzuschränken.

Das äussere Blätterdach des Urwalds empfängt den ganzen Anprall der Regenfälle und lässt bei seiner Dichte kaum irgendwo spärliche Tropfen ungehindert hindurchfallen, vielmehr fängt es die ganze Masse des Regens zunächst auf und gibt dann das Wasser auf das nächstliegende niedrigere Blätterdach ab. Freilich sammelt sich in den Kronen der hochragenden Laubbäume der teilweise zerstäubte Regen wieder zu grossen Tropfen oder continuierlichen Traufen an, denen nun wiederum eine gewisse lebendige Kraft innewohnt. Wie ansehnlich diese Kraft trotz der verhältnissmässig geringen Fallhöhe ist, konnte ich am besten an Pflanzungen oder Pflanzschulen von Kaffee, Cacao- oder Kautschukbäumchen sehen, welche nach Entfernung des Unterholzes unmittelbar unter dem natürlichen Schatten grosser Waldbäume angelegt worden waren und an den Stellen der Traufen ganz entschieden litten. Indem nun aber das niedrigere Blätterdach der Palmen, Farnbäume und kleiner Laubbäumchen diese Traufen auffangen und sie auf das Unterholz weiter geben, das sie nun sanft auf den Erdboden fliessen lässt, wird die lebendige Kraft des ursprünglichen Regenfalls fast ganz aufgehoben und der Betrag der Abspülung auf ein Minimum herabgedrückt.

Aber nicht nur der etagenförmige Aufbau des regenfeuchten Urwaldes wirkt der mechanischen Spülwirkung des Regenwassers entgegen, sondern ebenso auch die entschiedene Verlangsamung der Wasserbewegung, welche dadurch entsteht, dass zahlreiche Blätter flache concave Formen oder kleine Einzelhöhlungen besitzen und hierin kleine Wasseransammlungen

aufnehmen, die erst nach und nach durch leise Luftbewegungen oder stärkere Windstösse entleert werden; so wird ein Teil des Regens, der innerhalb eines verhältnissmässig kurzen Zeitraums niedergefallen ist, zurückgehalten und erst nach und nach zur Erde weiter befördert. Deshalb fallen auch im Urwald noch immer langsam grosse Tropfen zur Erde, nachdem der Regen längst aufgehört hat; bei einem leichten Windstoss hat der Reisende dann oft den Eindruck eines leichten, aber allerdings sehr kurzen Regenschauers und das ist oft noch 5 bis 6 Stunden nach Beendigung des Regens der Fall.

Die Lianen, welche in grosser Zahl, meist in geschwungenen Linien vom Boden aus bis nach den Kronen der höchsten Laubbäume hinaufreichen, sowie die senkrecht zur Erde herabführenden Luftwurzeln, welche manche kletternde und epiphytische Gewächse mit dem Erdboden verbinden, wandeln bei einem Teil des Regenwassers die fallende Bewegung in eine gleitende um und schwächen damit die mechanische Wirkung des Regenwassers erheblich ab. Ebenso verringern die zahlreichen Farne, Araceen, Orchideen, Moose und sonstigen Gewächse, welche in verwirrender Fülle bald kletternd, bald epiphytisch die aufstrebenden Baumstämme bevölkern [1]), die Energie der mechanischen Wirkung des Regenwassers, indem sie teils ebenfalls die Bewegung in eine gleitende umwandeln, teils durch ihre treppenförmige Anordnung die Wirkung der Gesammtfallhöhe auf einen kleinen Bruchteil reducieren.

Die zur Erde gelangenden Wassermassen vereinigen sich hier auch im Urwald zu Rillen und kleinen Wasseradern, weil das Erdreich und die Bodenstreu nicht im Stande sind, die gesammte Wassermenge aufzuschlucken oder — zu Beginn der Regenzeit — rasch genug aufzuschlucken, um einen oberirdischen Abfluss ganz aufzuheben. Nur in den von weniger starken Regenfällen heimgesuchten und daher auch weniger üppigen Urwäldern des südlichen Yucatan und nördlichen Petén ist das Erdreich nach der trockenen Jahresperiode so trocken

1) Sehr schön zu sehen an einigen Abbildungen aus dem südmexicanischen Regenwald von Dr. G. Karsten, in Schimper, Pflanzengeographie (Fig. 129, 133, 148, 152, 153).

und rissig, dass die ersten Regen teils vom Boden aufgeschluckt, teils direkt an den kluftigen Untergrund dieser Kalkgebiete abgegeben werden, so dass die charakteristischen Wasseransammlungen jener Gegenden (Aguadas, in Maya Ak'alché) sich erst 1 bis $1^1/_2$ Monate nach Beginn der Regenzeit mit Wasser zu füllen beginnen. In den regenreichen Gebirgsgegenden des mittleren Guatemala, des nördlichen Chiapas und der atlantischen Abdachung von Honduras, Nicaragua und Costarica kommt dagegen das Gros der Einzelregen so heftig und plötzlich hernieder, dass ein ansehnlicher Teil davon zum Abfluss kommt, da hier die Abflussbedingungen günstiger sind und der niemals austrocknende Boden nicht rasch genug grössere Wassermengen aufzunehmen vermag; dagegen wird der Boden und die geologische Grundlage mit jedem kommenden Regen mehr mit Feuchtigkeit erfüllt, bis die Aufnahmsfähigkeit erschöpft ist, was gewöhnlich 3 bis 4 Monate nach Beginn der Regenzeit eintritt. So kommt es, dass nach den ersten schweren Gewittern der Regenzeit sich starke, aber rasch verlaufende Hochwasser bilden, während von September bis November, wenn das Erdreich sich vollgesogen hat, die langandauernden Hochwasser einsetzen — eine Tatsache, mit welcher die Mahagoni- und Cedernholzfäller in Tabasco, Petén, Britisch Honduras und anderen Teilen Mittelamericas zu rechnen pflegen.

Dass die Abspülung im Urwald nicht ganz unterdrückt ist, beweist die Trübung der aus dem Walde hervorkommenden Rillen und Wasserläufe; dass aber die Vegetation die Abspülung doch sehr stark herabmindert, bemerkt man an den vegetationsfreien Wegen, die auf geneigtem Gelände rasch ausgewaschen zu werden pflegen und an vielen Stellen dann nur noch den nackten felsigen Untergrund zeigen, während der Boden im Wald unmittelbar daneben keine merkliche Abnahme zeigt. Freilich werden die Fusspfade der Indianer bald durch das Auswaschen so sehr gegen ihre Umgebung vertieft, dass sie während der Regenzeit geradezu stellenweise als Bachbett von den abfliessenden Regenwassern benutzt werden und daher um so gründlicher der Auswaschung unterliegen.

Bei der grossen Regenmenge, dem starken Humussäure-

gehalt und der verhältnissmässig hohen Temperatur der eindringenden Sickerwasser ist in den Kalk- und Dolomitgebirgen Mittelamericas die unterirdische Erosion sehr stark tätig, das Karstphänomen also zu grosser Entfaltung gelangt. Aber auch hier sucht die Vegetation schützend einzugreifen, indem von den Löchern und Klüften, welche sich am Grunde der Dolinen zu finden pflegen, wenigstens die kleineren von eingeschwemmten Baumstämmchen, Zweigen und Blättern so weit verstopft werden, dass die mitgeschwemmte Erde teilweise aufgehalten wird und einer rasch aufspriessenden Vegetation zur Grundlage dienen kann; diese hält nun noch mehr der abgeschwemmten Erde fest und begünstigt so die Bildung einer soliden Erdschicht mit kräftiger Vegetation. Häufig werden diese thonigen Erdschichten so tiefgründig und fest, dass sie im Zustand der Sättigung wasserundurchlässig werden und so zur Bildung ausdauernder oder zeitlich beschränkter Wasseransammlungen Veranlassung geben. Die Existenz solcher Wasseransammlungen ermöglicht in weiten Gebieten des Petén und des südlichen Yucatan erst das Reisen oder dauernde Besiedelung. Das Versiegen solcher Wasseransammlungen (durch Sprungbildung in Folge von Erdbeben oder anderen Ursachen) kann daher zur plötzlichen Verlegung menschlicher Ansiedlungen zwingen, wie z. B. die kleine Indianeransiedlung bei den Ruinen von Tikal im Petén wegen Austrocknens der dortigen Aguada vor etwa 20 Jahren verlassen werden musste. Wie wenig mächtig oft die wasserundurchlässige Schicht solcher ausdauernder Wasseransammlungen sein kann, konnte ich an einem Teich in Chiacam (Alta Verapaz) beobachten, der inmitten einer Viehweide sich befand. Als dieselbe in zwei Teile geteilt und jeder Abteilung der Genuss des ausdauernden Wassers gesichert werden sollte, wurde der Zaun quer durch den Teich gelegt; durch die Pfosten des Zauns wurde aber die wasserundurchlässige Schicht durchsenkt, so dass das Wasser verschwand und niemals wiederkehrte.

Manche der zahlreichen Epiphyten, welche in Astwinkeln und auf Ästen und Zweigen der Bäume angesiedelt sind, spielen ebenso, wie ähnliche im Unterholz auftretende Gewächse,

eine gewisse Rolle im Wasserhaushalt des Urwaldes, indem sie gar nicht unbeträchtliche Regenmengen aufsammeln und von der Circulatian zurückhalten. Wochenlang nach einem Regen kann man noch ansehnliche Wasseransammlungen in den spitzwinkelig aufstrebenden tiefen Blattrosetten epiphytischer Bromeliaceen vorfinden, welche Schimper sehr bezeichnend geradezu Cysternepiphyten[1]) benennt. Aber auch zahlreiche andere Gewächse haben Wasserbehälter in ihren Blattwinkeln, wie die Aroideen und manche Palmen, oder auch in den Deckblättern der Inflorescenzen (Heliconia)[2]). Andere Pflanzen haben wieder beträchtliche Wasseransammlungen in ihrem Innern, teils in den Internodien, teils auch in den Gefässen, wie manche grosse Lianen, deren Wasserreichtum sich der Reisende gelegentlich auf wasserarmen Strecken zu Nutzen macht, indem er armlange Stücke der betreffenden Liane abschneidet und das ausfliessende Wasser in Gefässen auffängt. Aber auch abgesehen von den eigentlichen Wasseransammlungen, ist das Wasserbedürfniss der Vegetation in Folge ihres üppigen Wachstums bei der hohen Temperatur ein so grosses, dass ganz ansehnliche Mengen des fallenden Regenwassers der Circulation entzogen werden; eine quantitative Feststellung des Betrags wird sich zwar nicht bewerkstelligen lassen, dass er aber bedeutend grösser ist, als in den Wäldern der gemässigten Zone, steht ausser allem Zweifel.

Die Verdunstung der oberflächlichen Wasseransammlungen in den Blattwinkeln und anderen Höhlungen gewisser Gewächse erfolgt in der feuchten, fast gesättigten Atmosphäre im Schatten des Waldes ausserordentlich langsam, da der tropische Urwald nicht nur nach oben, sondern auch nach den Seiten hin durch ein ziemlich dichtes Wirrsal von Blättern abgeschlossen zu sein pflegt. Dadurch wird nicht nur dem Eindringen der Sonnenstrahlen und Winde, sondern auch der Vermischung der feuchten Innenluft mit der trockenen Aussenluft ein ziemlich wirksamer Damm entgegengesetzt. Der Abschluss nach oben

---

1) Schimper, Pflanzengeographie, Seite 349.
2) Schimper, Seite 359.

geschieht durch die Blätter der Laubbäume und die in den oberen Ästen angesiedelten Epiphyten, der seitliche Abschluss durch das Blattwerk von Epiphyten, Lianen und krautigen Schling- und Kletterpflanzen, welche vielfach nicht nur die Stämme und deren Gäste, sondern oft auch noch die Kronen umkleiden und dann wieder wie Schleier eine Strecke weit von oben nach unten herabhängen. Dieser dichte Abschluss kommt, wie Schimper (a. a. O. Seite 314) gezeigt hat, dadurch zu Stande, dass solche Gewächse ein intensives Streben nach Licht beseelt und dass sie durch die grosse, immerwährende Feuchtigkeit die Fähigkeit erhalten, diesem Streben beinahe unbehindert zu folgen. Obgleich der Abschluss des Waldes nach aussenhin demnach nur die Folge der egoistischen Lichtliebe von Einzelpflanzen ist, so ist er doch im Gesammtorganismus des Urwaldes ein sehr wichtiger Faktor, da dadurch der Urwald weit mehr als irgend eine andere von klimatischen Bedingungen abhängige Vegetationsformation als streng abgeschlossenes, einheitliches Individuum auftreten kann und oft ausserordentlich scharfe Grenzen besitzt, während die meisten übrigen Gehölzformationen gewöhnlich im Naturzustand durch mehr oder minder weit vorspringende, isolierte Vorposten angekündigt zu werden pflegen. Der Abschluss des Urwaldes spielt aber auch im Wasser- und Feuchtigkeitshaushalt des Gesammtorganismus eine sehr wichtige Rolle, indem nur er es ermöglicht, die Luftfeuchtichkeit während der regenärmeren Periode des Jahres auf einer solchen Höhe zu erhalten, dass die Epiphyten nicht dem Tode durch Austrocknen anheimfallen und dass der Urwald sogar in solchen Gegenden, wo die Niederschlagsmengen oder die Verteilung der Niederschläge für sein Fortbestehen ungünstig geworden sind, sich vermöge des schützenden Abschlusses gegen aussen zu erhalten vermag. Man erkennt das in derartigen Gegenden, wie im südlichen Tabasco oder im Petén, deutlich daran, dass an Stellen, wo durch menschlichen Eingriff der Urwald entfernt worden ist, sofort Savanen nachwachsen, während der benachbarte Urwald, der sich alsbald durch Schlinggewächse wieder seitlich abschliesst, ruhig weiter fortbesteht. In Gebieten, welche sich durch starke

und gutverteilte Niederschläge auszeichnen (z. B. Alta Verapaz in Guatemala), bedecken sich die Kahlhiebe dagegen, sobald der Mensch sie ihrem Schicksal wieder überlässt, sofort mit einer überaus üppigen holzigen Bodenvegetation und nach wenigen Jahren ist der typische regenfeuchte Wald wieder nachgewachsen und die entstandene Lücke damit wieder ausgefüllt.

Eine jährliche Regenmenge von mindestens 2 m mag zur Entstehung eines typischen regenfeuchten Urwaldes bei günstigen Bodenverhältnissen hinreichen, sofern die Verteilung der Niederschläge so erfolgt, dass keine eigentliche Trockenzeit eintritt, sondern nur eine regenärmere Periode mit der eigentlichen Regenzeit abwechselt. In den kühleren Gebirgslagen (z. B. Alta Verapaz) reicht aber ein Regenfall von 2 bis $2^1/_2$ m jährlich nicht hin zur Erzeugung eines reinen regenfeuchten Laubwaldes, vielmehr findet man hier Kiefern zwischen die Laubbäume eingemischt und nur die Gebiete mit 3 bis 5 m Regenfall zeigen die typische üppige Entwicklung reiner tropischer Laubwälder. Wie wenig übrigens manchmal zu einer (vorübergehenden) Änderung des Vegetationscharakters genügt, zeigte der überaus regenreiche October des Jahres 1898, der in den meisten Orten der Alta Verapaz über 1 m Regen lieferte und in manchen Gegenden (so zwischen Sasis und Chicacao) das Absterben der Kiefern auf vielen Hügeln zur Folge hatte.

Die grosse Luftfeuchtigkeit, welche sich selbst während der regenärmeren Periode des Jahres im Urwalde erhält, verhindert nun auch den Boden am Austrocknen und macht ihn so gegenüber der Abspülung durch die ersten heftigen Gewitterregen weit widerstandsfähiger, als es der Boden der offeneren Formationen der Tropen zu sein pflegt. Da aber die Flüsse nach dem ersten Gewitterregen der Regenzeit verhältnissmässig am stärksten getrübt zu sein pflegen, so erkennt man, dass auch dieser Schutz nicht ganz hinreichend ist, und dass gerade, wie bei den anderen tropischen Formationen, so auch im Urwald der Beginn der Regenzeit die Periode der stärksten Abspülung ist[1]). Immerhin sind die Beträge der

1) Die ersten stärkeren Regenfälle nehmen auch viele organische

abgespülten Erdmassen recht klein im Verhältniss zu den gewaltigen Regenmengen, welche gerade bei Beginn der Regenzeit zu fallen pflegen und im Allgemeinen darf man sagen, dass alle Verrichtungen des tropischen Urwaldes auf Herabsetzung der abspülenden Wirkung der Gewässer hinauslaufen[1]).

Die schützende Decke des Urwaldes ist nicht nur über ebene und mässig geneigte Gebiete ausgebreitet, wie man es an den Wäldern der gemässigten Zone gewöhnlich beobachtet,

---

Bestandteile und Miasmen mit sich und so ist der Glauben der Indianer, dass das Baden in diesen trüben Fluten ungesund sei und meist Fieber erzeuge, wohl berechtigt.

1) Während die Pflanzenwelt im tropischen Urwald auf einen möglichst wirksamen Schutz ihrer Unterlage hinarbeitet, wirken manche Tiere, namentlich solche, welche in der Erde ihren Wohnsitz haben, wie Regenwürmer und gewisse Ameisen, diesem Schutze bis zu einem gewissen Grade entgegen. Besonders wirksam scheint in dieser Hinsicht die Arbeit der Blattschneiderameisen (Atta sp., in Mittelamerica Sompopos genannt) zu sein, denn dieselben zerstören nicht nur direkt die Belaubung vieler kleinerer Bäume und Büsche, indem sie die Blätter zerschneiden u. in einzelnen Stücken nach ihrer Wohnung tragen, sondern schaffen auch durch ihre eigenartigen, manchmal bis 20 cm breiten, vollständig vegetationsfreien Wege günstige Angriffslinien für die abtragende Tätigkeit des Wassers; ausserdem sind die ziemlich ausgedehnten Wohnplätze der Sompopos meist frei oder ziemlich arm an Bodenvegetation, der Boden aber ist durch die ausgedehnten Gänge der Sompopo-Bauten bis zu ansehnlicher Tiefe durchlöchert und damit erhalten die Sickerwässer einen sehr erleichterten Zutritt zum geologischen Untergrund und können deshalb an solchen Stellen eine viel intensivere Wirkung ausüben als an anderen Stellen, wo der unversehrte thonige Boden wie eine schützende Hülle den Untergrund bedeckt. Die Thonböden in und bei den Bauten der Sompopos zeichnen sich in der Alta Verapaz und ähnlichen Gebieten durch rote Färbung vor den gelben oder braunen Residualböden des dortigen Kalkgebirges aus und man erkennt oft an dieser Färbung auch die Stelle verlassener Sompopo-Bauten im Urwald; ob die rote Färbung durch Bildung ameisensauren Eisens oder durch Oxydationsprocesse hervorgerufen wird, vermag ich nicht zu entscheiden, doch scheint mir das erstere wahrscheinlicher. Ein Übermass von Feuchtigkeit vermeiden die Sompopos, weshalb sie in Gebieten von ca. 4 und mehr Meter Regenfall nicht auftreten; sobald aber durch Menschenhand Lichtungen geschaffen sind, beginnen Einwanderungen dieser den Kaffeepflanzungen so sehr schädlichen Tiere; jedoch vermag man in den regenfeuchten Gebieten bei der nötigen Aufmerksamkeit ihrer gut Herr zu werden, da sie hier keinesfalls besonders günstige Bedingungen für ihr Gedeihen finden.

vielmehr konnte ich in manchen Gebieten noch Gehänge von über 70 ° Neigung messen, welche lückenlos von Hochwald bedeckt waren. Bei der bedeutenden Höhe der meisten Urwaldbäume (durchschnittlich 30 m und mehr) sind allerdings kleinere Felsabstürze nicht sichtbar und wo grössere senkrechte oder sehr steil geneigte Felswände vorkommen, da sind sie meistens von einer mehr oder minder dicken Decke kleiner Farne oder Selaginellen, dichter Moose und Gräser, grossblättriger Schlingpflanzen oder anderer Gewächse überkleidet, so dass auch hier der direkte Anprall der Regenschauer verhindert und die spülende Wirkung stark abgeschwächt erscheint, indem hier die Regentropfen von Blatt zu Blatt weitergegeben werden und so hüpfend den steilen Berghang hinuntertanzen, ohne grössere Flächen direkt zu berühren. Es fielen mir derartige Verhältnisse namentlich an einigen enormen Steilwänden der Cockscomb Mountains (in Britisch Honduras) und des Mombacho-Kraters (in Nicaragua) auf; jedoch hatte ich auch an einigen anderen Steilwänden Mittelamericas, namentlich der Alta Verapaz, Gelegenheit, ähnliche Bedingungen zu beobachten.

Gewöhnlich sind nur hohe Kalk- oder Quarzitfelswände ganz vegetationslos und demnach dem unmittelbaren Anprall der Regentropfen ausgesetzt, ohne dass dies aber bei der Natur des Gesteins eine wesentliche Wirkung ausüben könnte.

Wo Quarzit in steiler Schichtenstellung ansteht, ist natürlich das Erdreich sehr spärlich vorhanden und demnach auch die Vegetation auf mässig hohe Bäume und Sträucher beschränkt (Cockscomb Mountains); aber hier ist die spülende Wirkung des Regenwassers erst recht verhindert, da in Folge der enormen Luftfeuchtigkeit dicke Moospolster das Anstehende überkleiden und das niederfallende Wasser teils aufsaugen, teils sanft nach unten weiter geben.

Während demnach die spülende Tätigkeit des Regenwassers überall im Urwalde auf ein bescheidenes Mass herabgesetzt erscheint, ist die Erosion von Seite der fliessenden Gewässer keineswegs untätig, sondern kann bei den starken Regenmengen die hier fallen, sogar sehr bedeutende Beträge erreichen. Aber

auch sie ist in ihrer Wirkung durch die Vegetation oft wesentlich beeinträchtigt. Die Zurückhaltung eines gar nicht ganz unwesentlichen Procentsatzes des Regens in den Blattrosetten oder sonstigen Hohlräumen mancher Pflanzen, das grosse Wasserbedürfniss sehr vieler Gewächse, sowie die Verlangsamung der gesammten Wassercirculation, die grosse Tiefenzersetzung vieler Gesteine und damit die grosse Aufnahmsfähigkeit des tiefgründigen Bodens mindern die erosive Kraft der Wasserläufe indirekt; dazu kommt, dass die üppige Vegetation die während der regenärmeren Periode des Jahres austrocknenden Bach- und Flussbetten mehr oder weniger zu überwuchern pflegt und so den kommenden Wassermengen der beginnenden Regenzeit einen gewissen Widerstand entgegensetzt und ihre erosive Wirkung direkt herabsetzt. Aber auch am Rand der ausdauernden Wasserläufe pflegt sich während der regenärmeren Periode des Jahres die Vegetation so mächtig zu entwickeln, dass die steigenden Gewässer der Regenzeit an den Ufern energische Hindernisse finden und so in ihrer Erosion beeinträchtigt werden. Andererseits wird die Fortschaffung des vom Wasser verfrachteten Materials verlangsamt, indem die zahlreichen Baumstämme, welche bei Hochwasser angeschwemmt werden und sich mit ihren knorrigen Ästen festsetzen, Veranlassung zur Ablagerung von Geröllen und feineren Sinkstoffen, wie von Flussinseln werden, denen oft durch aufspriessende Vegetation eine längere Dauer beschieden ist; entstehen Überschwemmungen, so wird das über die seitlichen Ufer geschwemmte Material durch die dichte Vegetation festgehalten und der weiteren Fortführung entzogen, bald auch durch Überwucherung dauernd festgehalten. Derartige Vorgänge beobachtet man zwar auch in der gemässigten Zone, jedoch sind sie hier weit weniger mächtig und allgemein wirksam, als in den regenfeuchten Tropengebieten.

Während aber die üppige Vegetation die Abspülung und seitliche Erosion stark herabzusetzen vermag, ist sie machtlos gegenüber der Tiefenerosion der fliessenden Gewässer, weshalb man auch in Urwaldgebieten nicht selten auffallend tief eingeschnittene Wasserläufe antrifft.

Die abtragende Tätigkeit des Windes kann in den regenfeuchten Urwäldern überhaupt nicht zur Geltung kommen, und nur dann und wann greift der Wind in den Organismus des Waldes durch Windbrüche ein, welche für eine kurze Spanne Zeit der spülenden, abtragenden und erodierenden Tätigkeit des Wassers eine ausgiebige, aber allerdings örtlich sehr beschränkte Wirksamkeit eröffnen können. Staubmassen, welche die Winde aus benachbarten offenen Gebieten bringen mögen, werden vom Walde aufgenommen und festgehalten.

Bei der ausserordentlichen Üppigkeit der Pflanzenwelt ist natürlich auch ihre mechanische und chemische Einwirkung auf ihren Untergrund eine sehr beträchtliche, und da ausserdem die Vegetation die Abtragung nach Möglichkeit verhindert, so ist das Gebiet der regenfeuchten Tropenwälder zugleich ein Gebiet der Eluvialböden und der Tiefenzersetzung der Gesteine, wobei die grosse Menge der Sickerwasser, ihre verhältnissmässig hohe Temperatur und ihr ziemlich hoher Gehalt an Humussäuren, salpetriger Säure, Kohlensäure und anderen Substanzen wieder mächtig mitwirkt. (Dass aus denselben Ursachen im Kalk- und Dolomitgebirge die unterirdische Erosion eine sehr bedeutende ist, wurde schon oben erwähnt.)

Innerhalb der regenfeuchten Tropenwälder ist im Gebiet der zersetzbaren oder leicht abtragbaren Gesteine da, wo die Flüsse noch ein starkes Gefäll besitzen, die Form der Täler eine sehr tief eingeschnittene, wobei die Talwände mit steilem, weithin sich gleichbleibendem Neigungswinkel bis zum Flussbett abfallen. Da die Abspülung der Talgehänge in Folge der üppigen Vegetation eine geringfügige ist, so ist diese Form der Täler darauf zurückzuführen, dass bei dem übersteilen Gehänge und der ausserordentlichen Durchfeuchtung des Gebiets während der Regenzeit Rutschungen und Bergschlipfe trotz der schützenden Wirkung der Baumvegetation häufig eintreten. Spuren grosser Bergstürze bin ich allerdings in Mittelamerica selten und meistens in vulkanischen Gebieten begegnet. Dagegen beobachtete ich gegen Ende der Regenzeit an vielen Talwänden, namentlich da, wo durch menschlichen Eingriff der Urwald beseitigt war, kleinere oder grössere Rutschflächen, die für eine

kurze Spanne Zeit vegetationslos bleiben, aber dann rasch sich wieder mit einem neuen Pflanzenkleid überziehen und dadurch gegen starke Abspülung sichern. Manche dieser Rutschungen sind auf direkte Unterwaschungen in Folge der erosiven Tätigkeit der fliessenden Gewässer zurückzuführen und ich habe im Februar 1899 in einigen tiefeingeschnittenen Seitentälern des Rio Reventazon in Costarica sogar weite Strecken der sehr steilen Talhänge in Folge derartiger Rutschungen vegetationslos gesehen; vielfach finden Rutschungen aber auch hoch oben an den Berghängen statt und kommen nach kurzer Bahn — meist in Folge des Widerstandes der Vegetation — wieder zum Stehen. Es sind Rutschungen, die nur die oberflächlichsten Gesteinsschichten in Mitleidenschaft ziehen[1]) und bei Schieferthonen gewöhnlich die Schichten in ungefähr treppenförmig gestaltetem Querbruch abbrechen. Diese oberflächlichen Rutschungen sind nur darum so häufig, weil das massenhaft durchsickernde Wasser den Zusammenhalt des Gesteins so weit gemindert hat, dass ein geringfügiger Anlass, wie ein leichtes Erdbeben oder ein besonders starker Regenguss genügt, ein mehr oder weniger ausgedehntes Stück der oberflächlichsten Gesteinspartieen loszulösen; dasselbe trägt auf seinem Rücken beim Abgleiten, oft noch zusammenhängend, oft auch in einzelnen Stücken, die alte Vegetationsdecke, die meistens nach der Festwerdung der Scholle grossenteils munter weiter wächst oder — soweit es sich um Bäume handelt — wenigstens bald wieder sich erholt. Solche Rutschungen kommen zwar auch in der gemässigten Zone vor, sind aber dort seltener und deshalb von geringerer Bedeutung als in den Regengebieten der Tropen. Vielfach wird das Anstehende von den Rutschungen

---

1) Im Kalkgebirge fehlen derartige Rutschungen. Die Stärke der Regenfälle kann aber auch im Kalkgebirge, wo sonst hauptsächlich die unterirdische Erosion zur Wirkung gelangt, wenigstens mittelbar zur Veränderung der Oberfläche beitragen, indem an steilen Hügeln lose Kalkblöcke auf dem sich erweichenden Thonboden nach der Tiefe gleiten und abstürzen. Auch können Stücke des Anstehenden durch die energische mechanische Tätigkeit der Baumwurzeln in der Regenzeit losgesprengt werden und so zum Absturz kommen.

gar nicht in Mitleidenschaft gezogen, vielmehr werden häufig nur Teile des tiefgründigen Bodens zum Gleiten gebracht, wodurch aber das Endziel der Rutschungen, die Verflachung der Böschungen, ja ebenso gefördert wird, wie durch Abrutschen anstehenden Gesteins, und die Entfernung der Bodendecke, die sonst durch die Vegetation gegen Abtragung gut geschützt ist, ist für die weitere Zersetzung oder mechanische Lockerung tieferer Gesteinslagen von grosser geologischer Bedeutung.

In Zeiten der stärksten Wassercirculation werden thonige und mergelige Schichten manchmal vom Wasser so sehr durchtränkt, dass eine Art Erweichung eintritt, die sich in Nachsackungen grösserer Geländestriche geltend machen kann. So senkten sich in Campur (Alta Verapaz) nach dem überaus regenreichen Oktober des Jahres 1898 die Hänge mehrerer Gebirgsvorsprünge ohne Spaltenbildung um etwa $^1/_2$ Fuss, während die Kämme sich nicht sichtbar veränderten. Die Kaffeepflanzungen litten nicht unter der Niveauveränderung.

In anderen Fällen wird der Thonboden, welcher durch Zersetzung seiner Unterlage entstanden ist oder den Lösungsrückstand des Kalkgebirges darstellt, durch die Tagesgewässer so sehr aufgeweicht, dass er sich in einen breiig-flüssigen Schlamm umwandelt, der schliesslich seinen Weg durch die Pflanzendecke bahnt und als weiche Schlammmasse eine kurze Strecke weit bergabwärts fliesst; kommt die Schlammmasse vor Erreichung eines fliessenden Gewässers zum Stehen, so wird sie allmählig von den Regenwässern hinweggespült; bleibt sie bis zur Trockenzeit erhalten, so erstarrt sie langsam durch Austrocknen und bedeckt sich wieder mit Vegetation. Derartige kleine Schlammausbrüche vermögen, obgleich sie weder sehr häufig noch sehr gross sind, dennoch in ihrer Wiederholung eine gewisse geologische Wirkung auszuüben und tragen zur Verflachung der Böschungen ihr Teil bei. Auf den Karrenwegen der Alta Verapaz hat man alljährlich an einer oder mehreren Stellen Gelegenheit, solche Schlammausflüsse zu beobachten, deren Masse so weich zu sein pflegt, dass Menschen und Tiere darin versinken und dass man den Weg nur durch

Wegschaufeln des Schlammes rasch wieder gangbar machen kann.[1])

Unter Umständen geht aber die Erweichung des Untergrundes so weit, dass ganze Lagen in ihrer Gesammtheit in eine langsam fliessende Bewegung geraten und teils unter der sich senkenden Vegetationsdecke hinwegfliessen, teils aber auch Teile derselben mit sich fortführen und an Steilhängen dann rasch nach der Tiefe fortreissen. Ich beobachtete solche Vorkommnisse mehrfach in Costarica, wo grössere oder kleinere lagenförmige Ablagerungen lockerer vulkanischer Auswürflinge durch Zersetzung in Thone umgewandelt worden sind. So beobachtete ich am Wasserbehälter bei Meile $58^3/_4$ der Bahnlinie von Puerto Limon nach San José mehrere Stellen, wo langsam fliessender Schlamm in Bewegung war und die Pflanzendecke in Schollen mit sich bergabwärts führte. In anderen Fällen war der fliessende Schlamm flussartig auf eine etwa 3 m breite längliche Stelle beschränkt, längs deren sich die zusammenhängende Vegetationsdecke bereits 1 bis 2 m tief eingesenkt hatte und an deren Ende der Schlamm langsam hervorquoll und kleine Vegetationsinselchen mit sich abwärts führte. In anderen Fällen waren es an derselben Bahnlinie nicht einzelne Lagen oder Schichten, sondern das in den Geröllmassen zerstreute thonige Bindemittel, das sich erweichte und — gleich den Muren der Alpen — Rutschungen veranlasste.

Mehrere seit Jahren sich wiederholende Schlammausflüsse befinden sich an derselben Bahnlinie in der Nähe von Las Lomas. Der grösste Schlammausfluss erfolgt in der Nähe von

---

1) Derartige Schlammausflüsse sind aber nicht nur auf das Gebiet der Regenwälder beschränkt, sondern kommen in kleinerem Massstab auch in trockeneren Gebieten vor, sofern daselbst während der Regenzeit so starke Wassermassen niedergehen, dass die thonigen Erdarten sich zu Schlamm erweichen. So sah ich z. B. bei S. Rita (Baja Verapaz) auf flach geneigtem, von Savanen bestandenem Gelände ganz flache, aber senkrecht abgesetzte Rasenstufen, welche offenbar dadurch entstanden sind, dass der erweichte Thon nach abwärts ausgeflossen ist, während der darüber befindliche Rasen im Zusammenhang blieb und sich später auf das tiefere Niveau hinabsenkte.

Meile 45, wo auf einer Länge von etwa 80 m regelmässig nach starkem Regen das Gelände sich in langsame Bewegung setzt und die erweichten blauen und roten Thone, denen jungeruptive Gesteinsblöcke beigemengt sind, über die Bahnlinie fliessen lässt, so dass hier stets Arbeiter zur Freihaltung der Schienen notwendig sind. Damit wird aber den zähflüssigen Thonmassen wieder der Halt genommen und so ein Nachfliessen begünstigt. Die dauernde Durchweichung dieser thonigen Ablagerungen soll von einem kleinen See herrühren, der sich in geringer Entfernung von der Bahnlinie befindet, den ich aber nicht persönlich habe besuchen können; bei der Beschaffenheit der Thonmassen und der grossen Regenmenge (gegen 4 m jährlich), welche in jenen Theilen Costaricas fällt, würden übrigens auch die Tageswasser genügen, um die erwähnte Erweichung herzustellen. Da schon Tausende von Kubikmetern Schlamm hier herausgequollen sind, so hat sich das darüber befindliche Gelände bereits erheblich gesenkt und es ist deshalb in absehbarer Zeit ein Aufhören dieser Verkehrsbelästigung zu erwarten.

Der schliessliche Erfolg der Rutschungen und Schlammausflüsse ist die allmählige Abböschung der Talseiten, doch geht der Process zu langsam vor sich, um die bei starkem Gefäll rasch wirkende Tiefenerosion überflügeln zu können. Deshalb sind in den feuchten Gebirgsgegenden Mittelamericas die Täler meist sehr steilwandig.

Bei manchen Gebirgen, welche vermutlich erst seit verhältnissmässig kurzer Zeit den Wirkungen der Erosion ausgesetzt sind, ist die Talbildung noch nicht weit genug vorgeschritten, dass sie ihren Einfluss bereits auf die durch üppige Vegetation geschützten Bergkämme hätte ausdehnen können. So findet man in dem Gebirgsland des südlichen Britisch Honduras, das gewöhnlich nach der höchsten Berggruppe „Cockscomb Mountains“ genannt wird, im Bereich der Urwälder neben tief eingeschnittenen Tälern mit ausserordentlich steilen Hängen ganz flache breite Bergrücken, welche erst in späteren Perioden der Erdgeschichte von der fortschreitenden Talbildung in Grate umgewandelt werden, wie sich solche sonst im Thon-

schiefergebirge herauszubilden pflegen und auch in den Tropen gewöhnlich beobachtet werden. Ebenso ist der breite Rücken des Xucaneb-Gebirgszuges in der Alta Verapaz noch nicht von den benachbarten Tälern angeschnitten worden, sondern zeigt auf seiner breiten Fläche nur kleine, unabhängig erscheinende, jedoch steile Kalkhügelzüge, deren Richtung mit der Gesammtrichtung des Gebirgszugs in keiner direkten Beziehung zu stehen scheint. Ähnlich verhält es sich mit dem noch breiteren Gebirgsrücken der Altos Cuchumatanes, der bei seinen bedeutenden Höhenverhältnissen allerdings über die Zone der Tropenwälder hinausragt und dessen Pflanzenwelt vermöge ihrer Kiefern- und Cypressenwälder den Vegetationsformationen der gemässigten Zonen nahe kommt.

Anders dagegen verhält es sich in den Sierras de la Grita und del Espiritu santo, wie in den Gebirgen im Süden des Departamento Olancho (Honduras), wo die Talbildung bereits so weit vorangeschritten ist, dass die von beiden Seiten vordringenden Täler den Hauptkamm vollständig zerstört und schmale, quergestellte Secundärkämme hervorgerufen haben. Obgleich auch hier die Vegetation sehr üppig ist, hat sie doch die starke Ausbildung der Täler nicht zu hindern vermocht; die ausserordentliche Steilheit der Talhänge, sowie gelegentliche Beobachtungen von Rutschungen machen es mir aber wahrscheinlich, dass auch diese Täler hauptsächlich durch rasch wirkende Tiefenerosion und durch seitliche Rutschungen entstanden sind. Dass diese Gebirge weit länger den Einflüssen des Wassers ausgesetzt gewesen seien, als diejenigen von Britisch Honduras, kann ich vermuten, aber leider in keiner Weise beweisen.

Die ziemlich gleichförmige Steilheit der Talgehänge und geringe Entwicklung oder gänzlicher Mangel seitlicher Schuttkegel und Schuttbänder sind demnach als die wichtigsten Kennzeichen der Oberflächenformen der tropischen Urwaldgebiete zu bezeichnen, wozu sich häufig, aber nicht immer, noch eine gute Erhaltung der Bergrücken und Gipfelregionen gesellt. Die Ursachen für diese Ausgestaltung sind vor allen Dingen zu suchen in dem eigentümlichen Wasserhaushalt des tropischen

Urwaldes und in dem Schutz, den diese Vegetationsformation ihrer Unterlage gewährt. Präcisiert man kurz die geologische Bedeutung der regenfeuchten Tropenvegetation, so kann man nennen: starke Herabsetzung der spülenden Tätigkeit des Wassers und der Abstürze lockeren oberflächlichen Gesteinsmaterials, dagegen starke unterirdische Tätigkeit des versickernden Wassers, die sich in chemischer Zersetzung und mechanischer Aufweichung und Mürbemachung des Untergrunds, im Kalkgebirge in starker unterirdischer Erosion äussert; Herabsetzung der seitlichen Erosion, der mechanischen Zertrümmerung anstehenden Gesteins, der Geröllführung der Flüsse; Häufigkeit von Rutschungen und Schlammausflüssen. —

Es wäre sehr zu wünschen, dass der geologischen Bedeutung der tropischen Vegetationsformationen eine grössere Aufmerksamkeit geschenkt würde, als ich es tun konnte, denn ein eingehendes Studium dieser Verhältnisse verspricht fruchtbare allgemeine Gesichtspunkte zu eröffnen, weil in früheren Erdperioden das tropische Klima über die ganze Erde oder wenigstens über den grössten Teil derselben ausgedehnt war. Wir dürfen dabei annehmen, dass schon damals eine ganz ähnliche Scheidung verschiedener Vegetationsformationen stattgefunden habe wie gegenwärtig, vom regenfeuchten Wald angefangen bis zur Wüste, denn es ist kein Zweifel, dass es damals ebenso gut Gebirge gegeben hat, wie heutzutage, und dass die physikalischen Gesetze, welche die Winde regieren, auch damals schon geherrscht haben. Die Vegetationsformen waren freilich damals vielfach ganz verschieden von den heutigen, der Verband der einzelnen Vegetationsformen zu grossen Formationen ist aber wol damals schon ähnlich gewesen, wie heutzutage noch, und auf den Luvseiten der Gebirge haben damals gewiss auch die regenfeuchten Wälder gestanden, während die trockenen Vegetationsformationen die Leeseiten und das Windschattengebiet der Gebirgszüge bedeckt haben werden. Wir mögen uns die Wärmeverhältnisse, den Regenfall, den Kohlensäuregehalt der Luft und manche andere Bedingungen

noch günstiger für das Wachstum der Pflanzen vorstellen, als wir es jetzt in den regenfeuchten Tropenwäldern vorfinden; die Wälder haben sich ja auch aus ganz anderen Gewächsen zusammengesetzt als heutzutage und vielfach vielleicht selbst in der regenfeuchten Zone reine oder wenig gemischte Bestände gebildet, aber man muss sich doch denken, dass sich schon damals die feuchtigkeitsliebenden Gewächse zu bestimmten Formationen zusammentaten und einen ähnlichen Wasserhaushalt führten, wie wir ihn in den jetzigen regenfeuchten Tropenwäldern beobachten. Waren damals die Wachstumsbedingungen für die Pflanzenwelt noch günstiger, als gegenwärtig, so war eben auch die geologische Bedeutung der damaligen Regenwälder noch grösser, der Schutz des Bodens gegen Abspülung, die Tiefenzersetzung des Gesteins, die Talbildung durch Rutschungen und Schlammausflüsse u. s. w. Im Verband der xerophilen Gewächse in dem trockeneren Gebiete der Leeseiten der Gebirge ist dagegen während der Trockenzeiten wol ebenso eine Verringerung des vegetativen Lebens eingetreten, wie heutzutage noch im Gebiet tropischer Grasfluren, Strauchformationen oder Trockenwälder; es mag also auch damals schon in den trockenen Gebieten direkte Insolation und damit eine Erhöhung der mechanischen Gesteinszerstörung während der Trockenzeit, sowie — zu Beginn der Regenzeiten — eine starke Abspülung der lockeren Oberflächenpartikeln und Gerölle eingetreten sein.

Nimmt man nun eine Änderung des Klimas an, so ändern sich mit dem Charakter der Vegetation natürlich auch sofort die geologischen Einwirkungen von Wasser und Wind; ich nehme unter einer Klimaänderung keineswegs den Fall einer allgemeinen Wärmeänderung an, wie sie etwa zur Eiszeit eingetreten sein mag, sondern denke hier nur an locale Klimaänderung, wie sie z. B. durch die Entstehung eines Gebirges nahe oder innerhalb des Gebiets der regenfeuchten Vegetationsformationen sich herausbilden würde: ein solches Gebirge würde auf einer Seite die regenfeuchten Wände zur Condensation bringen, welche bisher den Regenwald eines ausgedehnten Gebietes mit Feuchtigkeit versehen haben; die Gebiete, welche

in dem entstandenen Windschatten liegen, verlieren ihren Vegetationscharakter und erhalten allmählig eine Formation xerophiler Pflanzen; dadurch wird aber der einst von regenfeuchter Vegetation beschützte und darum angereicherte Boden der Abtragung durch Wasser überliefert und bald fortgeführt; je höher das Gebirge emporwächst, desto weiter wird sein Windschatten, desto grössere Massen Thonerde werden bei Beginn der Regenzeiten hinweggeführt und als thonige Ablagerung wieder abgesetzt. Denkt man sich, dass jedesmal mit dem Erdreich auch ein grosser Teil der absterbenden Vegetation von den Überschwemmungsfluten mitgerissen werden, so kann man sich die Entstehung von Steinkohlenflötzen im Anschluss an derartige Folgeerscheinungen eines entstehenden Gebirges denken. Jedenfalls darf man annehmen, dass ein aufsteigendes Gebirge — wobei ich zunächst an Faltengebirge denke — dem in seinem Windschatten liegenden Gelände Feuchtigkeit entzieht und so strichweise an Stelle der regenfeuchten Vegetationsformation eine Trockenheit liebende Pflanzenvereinigung setzen kann; damit werden die angereicherten Böden der Abschwemmung überliefert, und wenn damit das Material zur Bildung thoniger Gesteine gegeben worden ist, so schafft die nunmehr während der Trockenzeiten einsetzende Insolation durch mechanische Zertrümmerung der Gesteine die Materialien zur Bildung von Sandsteinen, Breccien und Conglomeraten.

Man mag einen so jähen Wechsel der gesammten Pflanzenwelt für unwahrscheinlich halten, aber wenn man in den gegenwärtigen Gebirgen der Tropen häufig beim Überschreiten klimascheidender Kämme ausserordentlich scharfe Grenzlinien zwischen 2 verschiedenen Vegetationsformationen beobachtet, so wird man wohl auch zugeben müssen, dass beim Emporsteigen eines Gebirgs sich auf der Leeseite ein anderer Vegetationscharakter entwickeln muss, als auf der Luvseite.

Dass in der Tat die beiden Seiten eines Gebirges jeweils ganz verschiedene Vegetationsformationen tragen, trifft in den Tropen gewöhnlich ein und ich möchte daher zum Schluss noch ein Beispiel dieser Art aus Mittelamerica anführen. Bei Setal (730 m) oder Tual (820 m) auf der Nordseite des Ketten-

gebirges von Mittelguatamala befindet man sich bei einem jährlichen Regenfall von 5—6 m in der üppigsten regenfeuchten Tropenvegetation und kaum 64 km weiter südlich beobachtet man auf der Südabdachung desselben Gebirges bei Salamá (930 m), einem Orte mit nur 0,6—0,8 m Regenfall, während der Trockenzeit eine halbwüstenförmige Vegetationsformation, indess auf dem zwischen beiden Punkten liegenden Kamm von S. Rosa die Grenze zwischen dem feuchten und dem trockenen Gebiet mit ausserordentlicher Schärfe hervortritt. Wer solche Beispiele einmal gesehen hat, dem erscheint es auch nicht unwahrscheinlich, dass in der Vergangenheit einst ähnliche Verhältnisse bestanden haben mögen und bei Entstehung neuer Gebirge sich rasch herausbilden konnten.

Benützte Literatur.

Charles Lyell, Principles of Geology. London 1835, 4 Bde.

G. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physicalischen Geologie. Bonn 1847 – 1854, 2 Bde.

F. v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Berlin 1886.

G. K. Gilbert, Geology of the Henry Mountains. Washington 1877.

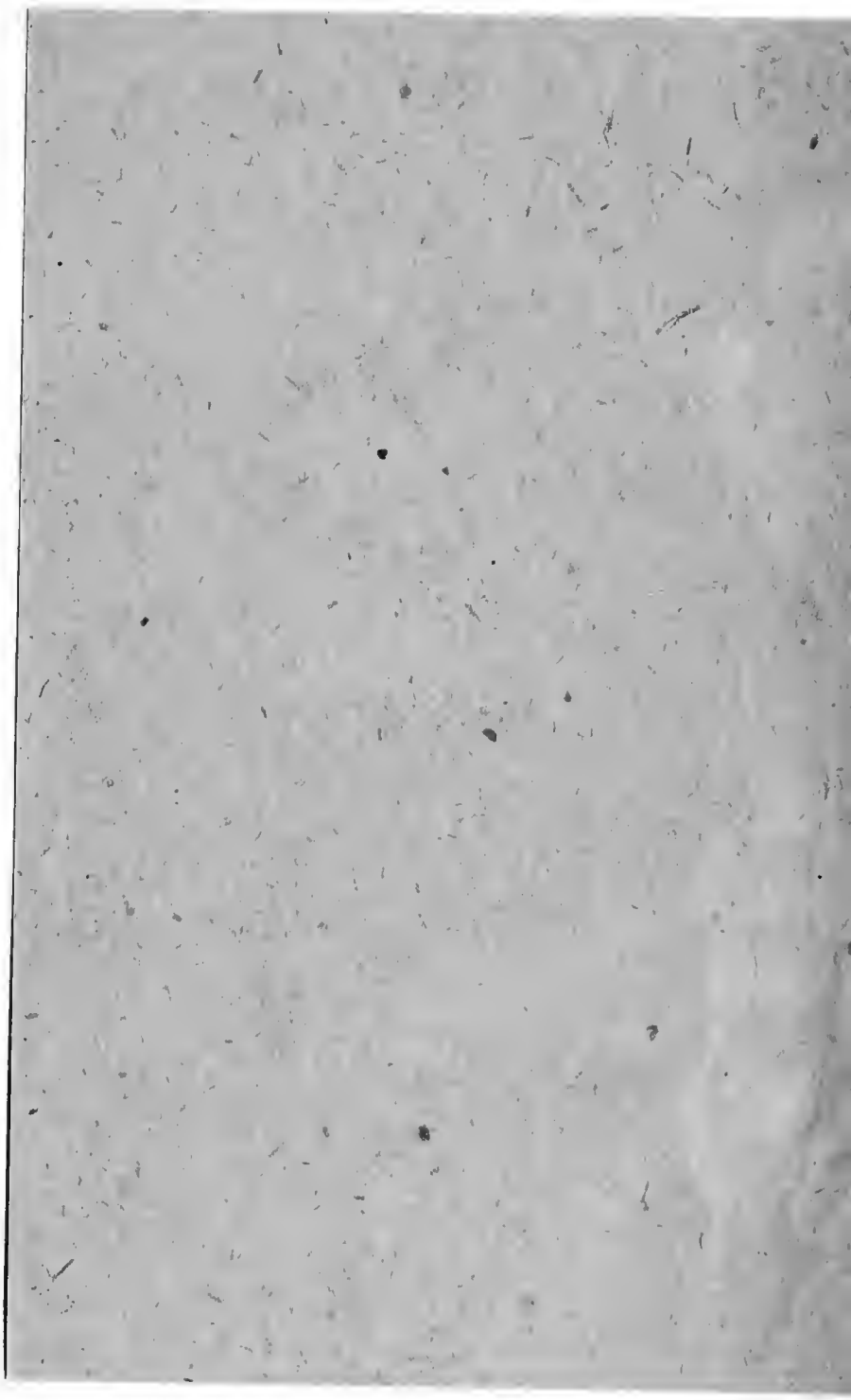
A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894, 2 Bde.

A. Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1896.

Ed. Brückner, Die feste Erdrinde und ihre Formen. Prag, Wien, Leipzig 1897.

A. Grisebach, Die Vegetation der Erde. Leipzig 1872.

A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.

C. Sapper, Grundzüge der physikalischen Geographie von Guatemala. Gotha 1894.

— — Über Gebirgsbau und Boden des nördlichen Mittelamerica. Gotha 1899.